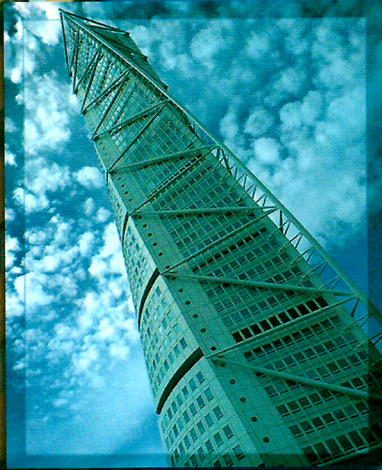


# أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

الأستاذ الدكتور

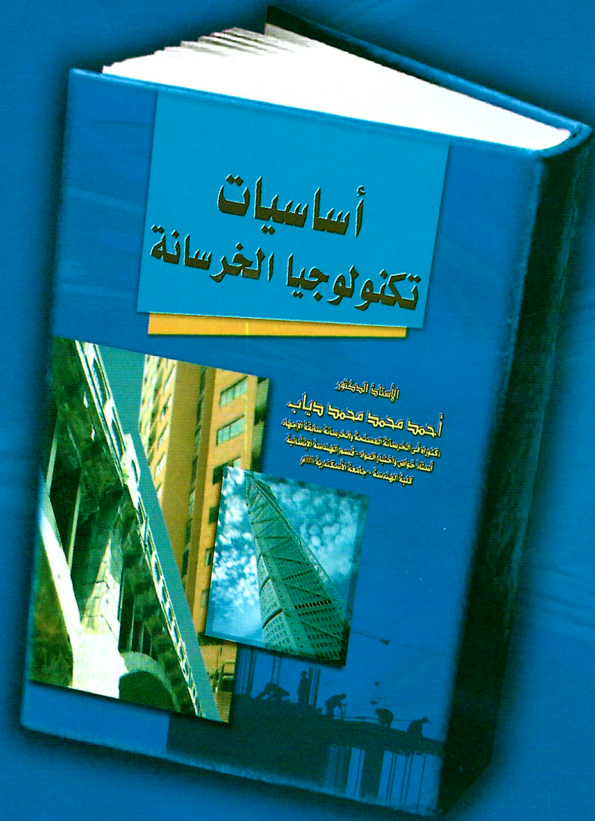
أحمد محمد دياب

دكتوراه في الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد  
أساتذة خواص واختبار المواد - قسم الهندسة الإنشائية  
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية



أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

أ.د. أحمد محمد دياب



SCANED BY  
ENG.OSAMA TAREK



### 1-1 مقدمة:

تمر الخرسانة عند تجهيزها وصبها بمراحل متعددة؛ وأول هذه المراحل هي مرحلة الخرسانة الطازجة، وتمتد هذه المرحلة من بداية خلط الخرسانة حتى بداية حدوث الشك الابتدائي للخرسانة، ولابد من أن تتوفر في الخرسانة الطازجة مواصفات خاصة لها مثل التشغيلية والقوام. وقد تعطي نتائج هذه المواصفات دلائل لخواص الخرسانة في المراحل التالية لها، وتستخدم اختبارات الخرسانة الطازجة كطريقة لضبط الجودة في الموقع. وتتوقف خواص الخرسانة الطازجة على نوع المنشأ المستخدم وقطاعاته والمسافات الخاصة بين صلب التسليح، وكذلك طريقة الصب؛ فمما لا شك فيه أن خواص الخرسانة المستخدمة في حالة الصب بواسطة المضخات تختلف عن مثيلاتها المستخدمة بالطرق العادية. وأهم خواص الخرسانة الطازجة هي القوام والتشغيلية والانفصال الحبيبي والنزيف.

### 1-2 قوام الخرسانة Consistency :

يعبر قوام الخرسانة التي لا تحتوي على الإضافات عن درجة بللها ومحتوى المياه فيها، فتوجد خرسانة جافة وخرسانة صلبة ولدنة ومبللة ومائية القوام، فالخرسانة التي تحتوي على ماء قليل جداً، بحيث يظهر الركام غير مبلل يطلق عليها خرسانة ذات قوام جاف (Dry Consistency)، وإذا ضغط مهندس ما على الخرسانة المصبوبة بقدمه فلن تحدث علامة. والخرسانة ذات محتوى الماء القليل تظهر متماسكة، وتظهر فيها أثر سطحي لقدم المهندس عند الضغط عليها، ويقال أن الخرسانة قوامها صلب (Hard)، ومن السهل أن يلاحظ المهندس تلك الخرسانة عند نزولها من الخلطة على هيئة مخروط متماسك. أما الخرسانة ذات محتوى الماء المتوسط والتي تظهر فيها جزيئات الماء لامعة في ضوء النهار والتي تترك أثر غائر لقدم المهندس يقال أنها خرسانة ذات قوام لدن (Plastic). والخرسانة ذات محتوى الماء العالي والتي يظهر بها الماء للعين المجردة وتتحرك جانبياً عند الضغط عليها، يقال أن قوامها مبلل (Wet). أما الخرسانة ذات محتوى الماء العالي جداً، فإن الماء يتحرك لخارج الخرسانة عند الأطراف منفصلاً عنها، ويسمى ذلك القوام قوام مائي (Sloppy)، وهذا القوام لا يمكن استخدامه في المنشآت إذا كانت الخرسانة بدون إضافات كيميائية.

والحكم على نوع القوام بأسلوب علمي توجد عدة طرق تستخدم لتعيينه وهي:

- اختبار الهبوط (Slump Test).
- اختبار منصدة الانسياب (Flow Table Test).
- اختبار كرة الاختراق (غير مستخدمة الآن) (Ball Penetration Test).

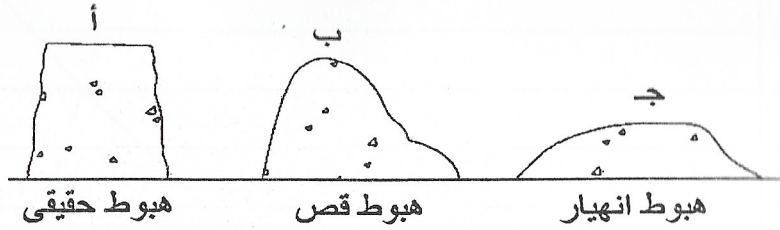
### 1-2-1 اختبار الهبوط Slump Test:

الغرض من الاختبار هو تعيين قوام الخرسانة عن طريق معرفة درجة هبوطها. ويستخدم هذا الاختبار نظراً لسهولة كاختبار ضبط جودة رخيص الثمن؛ حيث تعطي نتائجه معلومات لا بأس بها عن نسب مكونات الخلط وخاصة الماء. ويمكن إجراء هذا الاختبار في المعمل أو الموقع. ويستخدم لهذا الاختبار مخروط مفتوح من نهايته بالأبعاد المبينة بالشكل (1-3).



4. احكم على الهبوط بالمقارنة بالمواصفات الموضوعه للعمليه.

شكل رقم (2-3) يوضح أشكال الهبوط المتوقعة.



شكل (2-3) أشكال الهبوط المتوقعة

#### إجراءات اختبار الهبوط:

- لا يمكن قياس هبوط خرسانة مستخدمة فيه ركام مقاسه الإعتبارى الأكبر أكبر من 4سم، وفي تلك الحالة يجب استبعاد أى ركام مقاسه أكبر من 4سم.
- يجب عمل طبليية أفقية تماماً فى الموقع لوضع الجهاز عليها.
- يجب أن يقوم بإجراء الاختبار خبير، ولايسمح بإحداث صدمات أفقية أو رأسية عند رفع المخروط المعدنى.
- يجب إجراء الاختبار عدة مرات عبر يوم العمل فى الموقع.
- للهبوط الأقل من 5 سم يمكن السماح بـ  $\pm 1$  سم.
- للهبوط من 5-10 سم يمكن السماح بـ  $\pm 2$  سم.
- للهبوط الأكبر من 10 سم يمكن السماح بـ  $\pm 3$  سم.

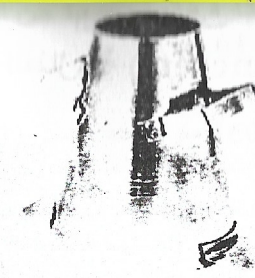
#### العوامل المؤثرة على هبوط الخرسانة:

1. محتوى الماء:

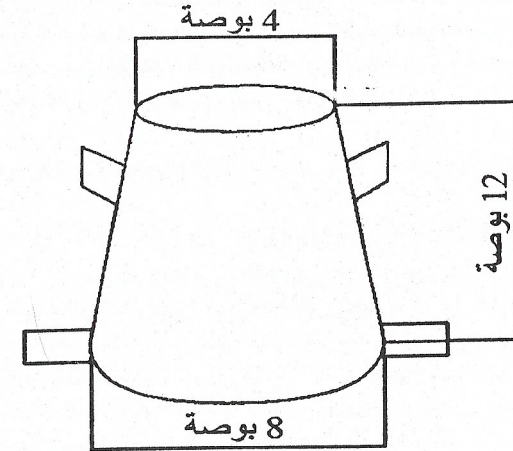
كلما زاد محتوى ماء الخلطة يزيد الهبوط، وذلك نظراً لقلة الاحتكاك، و يتضح ذلك من شكل (3-3).

2. الزمن المار من لحظة الخلط:

بعد الخلط يبدأ الأسمنت فى الاتحاد مع ماء الخلط، وتبدأ الخرسانة مع مرور الزمن فى فقد هبوطها حتى تفقد الهبوط كلياً، وتبدأ بعد ذلك فى التصلب. وشكل (4-3) يوضح هذه الظاهرة.



شكل (1-3-أ) مخروط الهبوط



شكل (1-3-ب) مقاس مخروط الهبوط

#### خطوات الاختبار:

1. ينظف السطح الداخلى للمخروط، ويبلل سطحه الداخلى بالماء أو الزيت لكى يسهل رفع المخروط بعد ذلك.
2. توضع الخرسانة المراد تعيين قوامها فى المخروط على ثلاث طبقات مع دمك كل طبقة 25 مرة بقضيب الدمك القياسى (قطر 16 مم).
3. يسوى سطح الخرسانة عند نهاية المخروط، ثم يرفع المخروط بحرص وببطء، ثم يقاس هبوط الخرسانة بالنسبة لقمة المخروط. ويجب أن يكون الهبوط صحيح ليس ناتج عن صدم للخرسانة بالمخروط المعدنى، ولذلك يجب إعادة الاختبار مرة أخرى إذا حدث هبوط قص أو هبوط انهيار. فإذا تكرر حدوث هبوط القص أو هبوط الانهيار، دل ذلك على أن الخلطة يجب إعادة تصميمها. ويمكن تقسيم الخرسانة إلى أنواع قوام مختلفة على حسب هبوطها كما بجدول (1-3).

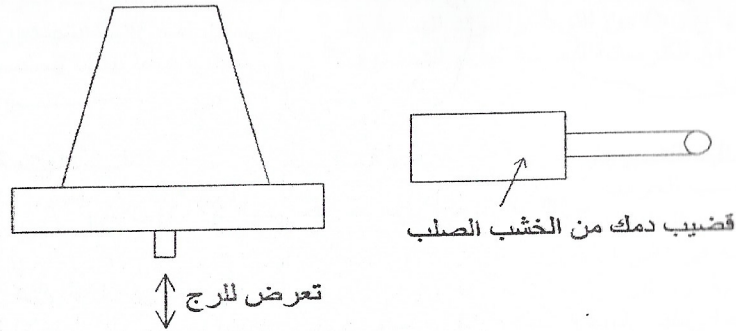
جدول (1-3) تقسيم القوام بناءً على قيمة الهبوط

الهبوط (سم)	صفر-2	4-2	12-4	20-12	أكبر من 20
قوام الخلطة	جاف	صلب	لدن	مبلل	مائي



### 2-3-1 اختبار الانسياب Flow Test:

الغرض من هذا الاختبار هو دراسة النسبة المئوية لانسكاب الخرسانة التي تعبر عن نوع اوائها، ويستخدم لذلك الاختبار الجهاز المبين بشكل رقم (5-3).



شكل (5-3) فكرة منضدة الانسياب

#### خطوات الإختبار:

1. يخلط قاعدة الجهاز جيداً، وكذلك القالب الخاص بالجهاز مع تنظيف القالب جيداً قبل الاستخدام.
2. يوضع القالب فوق قاعدة الجهاز في مكانه الصحيح حيث يوضح القالب في مركز الجهاز تماماً.
3. يتم ملء القالب بالخرسانة المراد اختبارها على طبقتين مع دمك كل طبقة 10 مرات باستخدام قضيب الدمك القياسي.
4. يرفع القالب المعدني ويشغل الجهاز، حيث يسمح لقاعدة الجهاز بالارتفاع والانخفاض لمسافة قياسية 2 بوصة وذلك 15 مرة في فترة 60 ثانية في المتوسط.
5. نتيجة لعملية الاهتزاز السابقة يتحول شكل المخروط إلى شكل غير منتظم، ثم يتم قياس القطر المتوسط لذلك الشكل عن طريق قياس القطر في عدة اتجاهات و تحسب النسبة المئوية للانسكاب كما يلي:

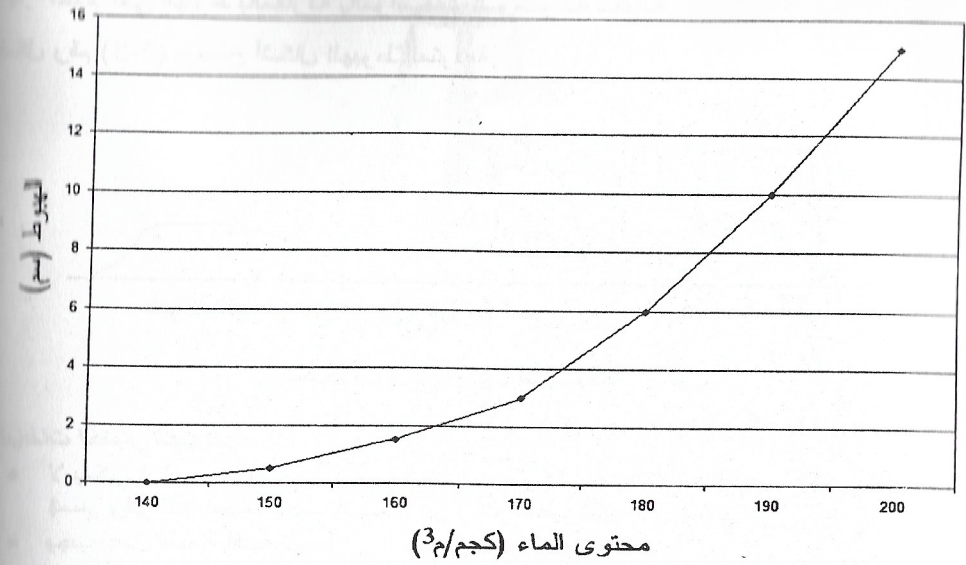
$$\frac{\text{القطر المتوسط} - 20}{20} \times 100$$

ومن المهم التأكيد على أن أبعاد المخروط تختلف حسب نوع المواصفة. وتعمل قيم النسبة المئوية للانسكاب دلالة على قوام الخرسانة كما هو موضح بجدول (2-3).

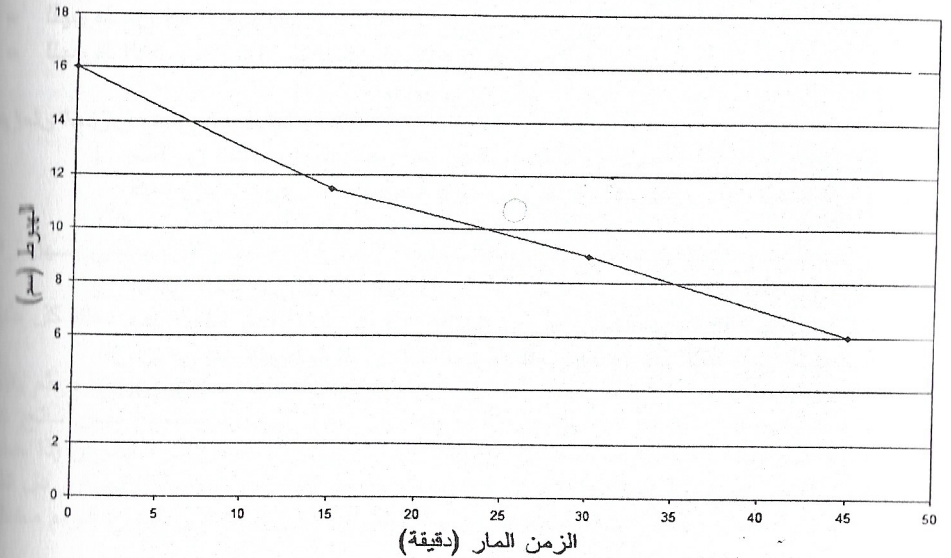
جدول (2-3) تقسيم القوام بناءً على النسبة المئوية للانسكاب

النسبة المئوية للانسكاب (%)	قوام الخرسانة	صفر-20	20-60	60-100	أكبر من 120
جاف	صلب	لدن	مبلل	مانى	

وفي بعض الأبحاث قد يكون القطر المتوسط معيّر عن الانسياب. ويفيد هذا الاختبار كذلك في الحكم على قابلية الخرسانة للانفصال نتيجة تعرضها للرج، وشكل (6-3) يوضح كيفية استخدام ذلك.



شكل (3-3) العلاقة بين محتوى الماء بالخلطة و الهبوط



شكل (4-3) تأثير الزمن المار على هبوط الخرسانة

وتوجد عوامل أخرى مثل خواص الركام وتأثير درجة حرارة الجو وتأثير الإضافات الكيميائية؛ والتي سوف تُذكر لاحقاً.



أو حدوث تعشيش (فجوات صغيرة بالخرسانة)، أو حدوث نسبة فراغات عالية. ولذلك يمكن إعمال تعريف التشغيلية على أنها مقدار الشغل المبذول لإنتاج خرسانة تامة الدمك بدون حدوث انفصال أو نزيف بها. وكلما اقتربت الخرسانة من كونها سائل، فسوف تسلك سلوك السوائل، حيث تملأ الشدات دون الحاجة إلى أى دمك خارجي، وهذا ما توصل إليه المهندسون خلال العقد الأخير بواسطة إضافات خاصة لإنتاج خرسانة ذاتية الدمك. وكلما اقتربت الخرسانة من كونها جافة، فإنها تقترب من التربة والمواد الصلبة التي يصعب أن تملأ الشدات بدون الحاجة لمساعدة خارجية لدفع الخرسانة للحركة لملء الشدات وتقليل الفراغات فيما بينها للحصول على أعلى كثافة ممكنة.

### أنواع الانفصال (Segregation):

الأصل في صب الخرسانة أن تكون الخرسانة متجانسة أو قريبة من التجانس. فإذا أخطأ المهندس في تصميم الخلطة أو أخطأ في التنفيذ؛ بحيث تزيد نسبة الركام الكبير في جزء من الخليط عن نسبته في باقي الأجزاء، يقال أن الخرسانة حدث بها انفصال وهذا يؤدي إلى ضعف المقاومة والتحملية. ويعتبر صب الأعمدة من ارتفاعات عالية مثال لتعرض الخرسانة للانفصال في حالة عدم الاحتياط.

### أنواع التلرب (Bleeding):

إذا استخدم المهندس كمية كبيرة من الماء، وعرضت الخرسانة لهز زائد أو عرضت الخرسانة لهز خاطئ، يصعد ماء الخلط لأعلى سطح الخرسانة حاملاً حبيبات الأسمنت لأعلى، لذا يفقد الخرسانة تجانسها، وهذا الماء قد يتجمع أسفل صلب التسليح بحيث يسبب نقص في الرابطة بين الخرسانة وصلب التسليح، وتجمعه كذلك تحت الركام الكبير، وخاصة الركام المفطوح منه (Flaky) يسبب نقص الترابط بين الركام ومونة الأسمنت.

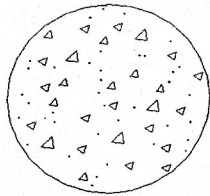
### العوامل المؤثرة على التشغيلية:

أ. خواص الركام:

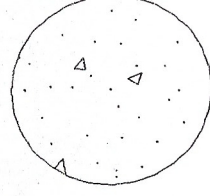
الركام الدائري مثل الزلط يحقق تشغيلية أفضل من الركام الزاوي مثل كسر الأحجار. والركام الناعم وقليل المسام السطحية يحقق تشغيلية أفضل من الركام الخشن وعالي مسامية السطح. الركام عالي الامتصاص للماء يقلل التشغيلية. والركام جيد التدرج يقلل التشغيلية عن الركام منتظم التدرج.

ب. محتوى عجينة الأسمنت والرمل بالنسبة للركام الكبير:

كما هو واضح من شكل (8-3) يتضح أنه كلما زاد محتوى العجينة تحسن تشغيلية الخرسانة نظراً لنقص الاحتكاك.

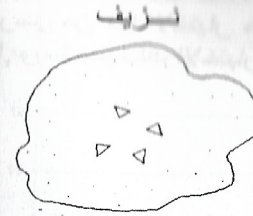


عجينة قليلة  
تشغيلية أقل

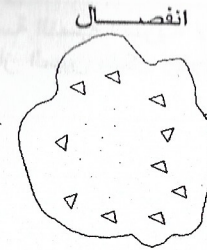


محتوى عجينة عالي  
تشغيلية أفضل

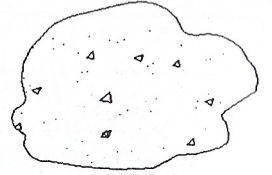
شكل (8-3) تأثير محتوى عجينة الأسمنت على التشغيلية



خرسانة مبللة



خرسانة جافة



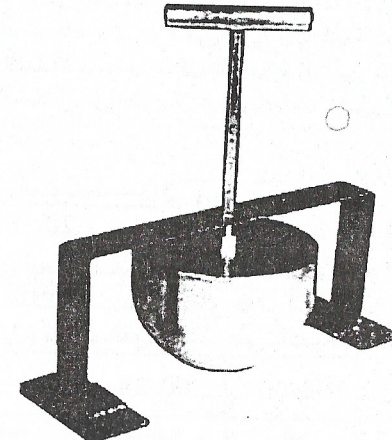
خرسانة متجانسة

شكل (6-3) الحكم على حدوث الانفصال أو النزيف

### 3-2-3 اختبار كرة الاختراق:

ويشبه هذا الاختبار إلى حد ما اختبار الهبوط، وتعتمد فكرة ذلك الاختبار على اختراق جزء من كرة لها وزن معين (حوالي 13.6 كجم) لسطح الخرسانة، ويمكن إجراء ذلك الاختبار للخرسانة وهي في الشدة في الموقع، ويمكن إجراؤه في المعمل أيضاً، وتتلخص خطوات الاختبار فيما يلي:

1. تسوية الخرسانة المراد اختبارها جيداً مع مراعاة ألا يقل سمك الخرسانة المختبرة عن 15 سم حيث تتأثر قيم الاختراق بسمك الخرسانة المختبرة حيث يزداد قيم الاختراق بزيادة سمك الخرسانة.
2. يوضع الجهاز فوق الخرسانة المختبرة، ويسمح للكرة باختراق الخرسانة المختبرة تحت تأثير وزنها، ويقاس قيمة الاختراق، ويجب تكرار الاختراق في أماكن مختلفة وحساب القيمة المتوسطة، لذلك الاختراق، ويبين شكل (7-3) الجهاز.



شكل (7-3) اختبار كرة كيلي

### 3-3 تشغيلية الخرسانة (Workability):

وتشغيلية الخرسانة هي الخاصية التي تعبر عن سهولة خلط ونقل وصب ودمك وتسوية سطح الخرسانة دون حدوث نزيف أو انفصال للخرسانة، والهدف من خاصية التشغيلية هو ملء شدات الخرسانة لتأخذ الخرسانة شكل العضو الإنشائي، ولتحقق المنظر المعماري دون تشوهات



2. توضع الخرسانة في المخروط العلوى , ويسوى سطحها , وفى هذه الحالة يكون المخروط العلوى مغلق من أسفل.

3. يفتح باب المخروط العلوى, ويسمح للخرسانة بالسقوط تحت تأثير وزنها لتسقط داخل المخروط السفلى.

4. يسمح للخرسانة الموجودة فى المخروط السفلى بالسقوط فى الاسطوانة.

5. نسوى سطح الخرسانة جيداً , ثم توزن وهى مملوءة بالخرسانة , ويعين وزن الخرسانة فى هذه الحالة (مدموكة دمكاً جزئياً).

(وزن الخرسانة المدموك جزئياً = وزن الاسطوانة وهى مملوءة - وزن الاسطوانة فارغة)

6. يعاد ملء الاسطوانة بالخرسانة على ثلاث طبقات, مع دمك كل طبقة يدوياً بعدد لا يقل عن 30 دمكة أو ميكانيكياً بواسطة هزاز, ويعين وزن الاسطوانة وهى ممتلئة كلياً.

(وزن الخرسانة المدموكة دمكاً كلياً = وزن الاسطوانة المدموكة دمكاً كلياً - وزن الاسطوانة فارغة)

$$\text{معامل الدمك} = \frac{\text{وزن الخرسانة المدموكة جزئياً}}{\text{وزن الخرسانة المدموكة كلياً}} \times 100$$

وتتراوح قيمة معامل الدمك من 70-98% .  
ولا يعبر هذا الاختبار بدقة عن تشغيلية الخرسانة منخفضة التشغيلية (أقل من 70), أو عن تشغيلية الخرسانة المرتفعة (أكبر من 98).

#### ١١ - اختبار إعادة التشكل Remolding Test :

وبقيس ذلك الاختبار تشغيلية الخرسانة عن طريق معرفة الشغل اللازم لتحويل شكل الخرسانة من مخروط إلى اسطوانة عن طريق رجات ترددية ( ارتفاع الرجه 6.3 مم ) للعينة. ويستخدم لذلك الاختبار اسطوانة خاصة بهذا الاختبار وشكلها كما هو موضح بشكل (3-10).

3. محتوى الماء:

كلما زاد محتوى الماء فى الخلطة يقل الاحتكاك بين الحبيبات فتتحسن التشغيلية, ولكن إذا تخطى حد معين قد يحدث نزيف مما يؤدى إلى نتائج عكسية.

4. الإضافات المحسنة للتشغيلية:

إن استخدام المواد الملدنة والمواد عالية التلدين تحسن التشغيلية. وتضاف هذه المواد إلى جزء من مياه الخلطة, وتقدر بنسبة من وزن الأسمنت المستخدم فى الخلطة الخرسانية, وتتراوح هذه النسبة من 1 إلى 3% من وزن الأسمنت للمواد عالية التلدين.

5. الهواء المحبوس زيادته تحسن من تشغيلية الخرسانة.

#### 4-3-3 اختبارات التشغيلية:

وهناك عدة طرق لتعيين قابلية الخرسانة للتشغيل وهى:

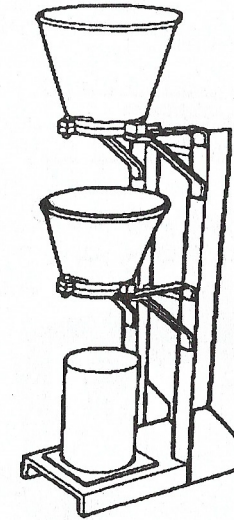
أ. اختبار معامل الدمك Compacting Factor Test.

ب. اختبار إعادة التشكل Remolding Test.

ج. اختبار فى بى V.B. Test.

#### أ - اختبار معامل الدمك Compacting Factor:

ويستخدم هذا الاختبار لتعيين تشغيلية الخرسانة التى لايزيد مقاسها الاعتبارى الأكبر عن 4سم. وصُمم هذا الجهاز (عدد 2 مخروط واسطوانة) على أساس عمل محاكاة للخطوات التى تمر بها الخرسانة أثناء نقلها وصبها ودمكها , شكل (3-9) يوضح هذا الجهاز.



شكل (3-9) اختبار معامل الدمك

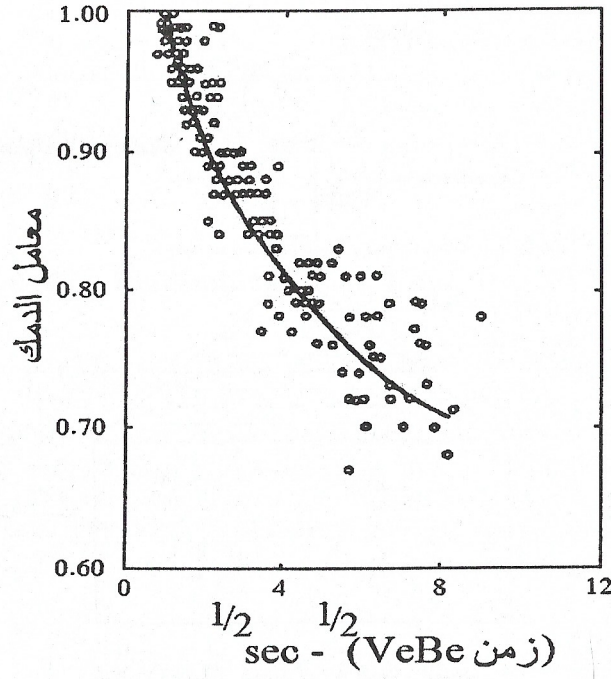
#### - خطوات الاختبار:

1. تجهيز الخرسانة المراد اختبارها طبقاً لمتطلبات المواصفات القياسية.









شكل (13-3) العلاقة بين زمن في بي و معامل الدمك

#### أ. الهوام المحبوس Air Entrained:

بعد صب الخرسانة ودمكها يتبقى جزء من حبيبات الهواء محصور داخل الخرسانة، ويطلق على الهواء في تلك الحالة بالهواء المحبوس عرضاً. أما في أوروبا والمناطق التي تتعرض للثلج، ونظراً لتعرض الخرسانة لعملية الصقيع حيث يتعرض الماء الموجود داخل الخرسانة للجمد، فيزيد حجم الماء ويولد ضغط على الخرسانة ثم يذوب الثلج، وتتكرر عملية التلج وذوبانه، مما قد يعرض المنشآت للتدهور وظهور شروخ بها، ولذلك يتم إنتاج خرسانة ذات هواء محبوس تتراوح نسبته بين 4 و 8.5%. وتتوقف نسبة الهواء المحبوس أساساً على المقاس الاعياري الأكبر للركام، فكلما صغر المقاس الاعتياري، زادت نسبة الهواء المحبوس التي تستطيع الخرسانة احتواءها.

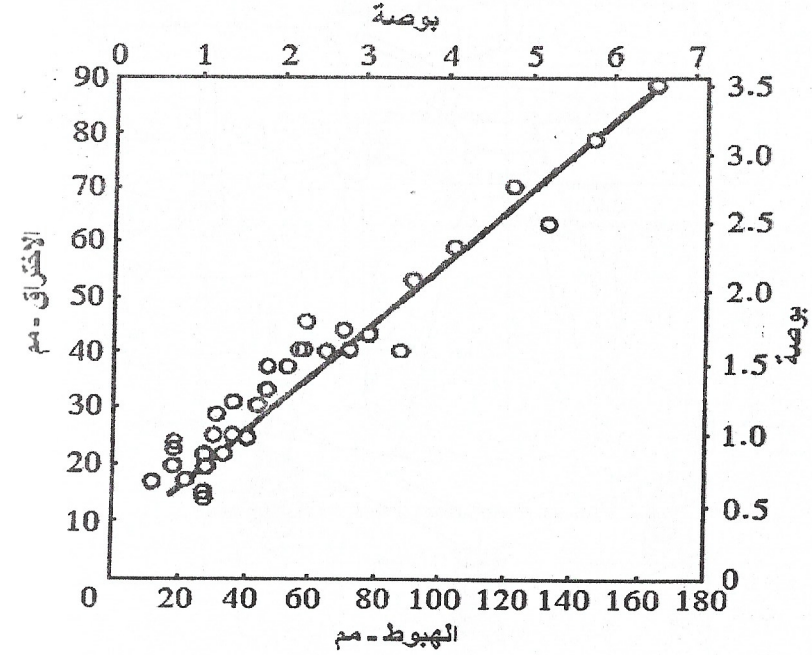
#### أ. فكرة اختبار تحديد محتوى الهواء المحبوس بطريقة الضغط:

##### Air Content of Concrete Using Pressure Method:

يحدد هذا الاختبار محتوى الهواء المحبوس في خلطة خرسانية غير مستخدم فيها ركام خفيف أو بها نسبة مسام عالية. أملاً الاسطوانة بالخرسانة الطازجة وتدمك قياسياً، ثم يملأ المخروط بالماء ثم يعرض لضغط هوائي، ثم نقرأ الهواء المحبوس من على العداد، أنظر شكل (14-3).

#### د - العلاقة بين نتائج الاختبارات المختلفة:

شكل (12-3) يوضح العلاقة بين نتائج اختبار الهبوط و نتائج اختبار كرة كيللي و الذي تم إجراؤهما على نفس الخرسانة.



شكل (12-3) العلاقة بين الهبوط و مسافة الاختراق لكرة كيللي

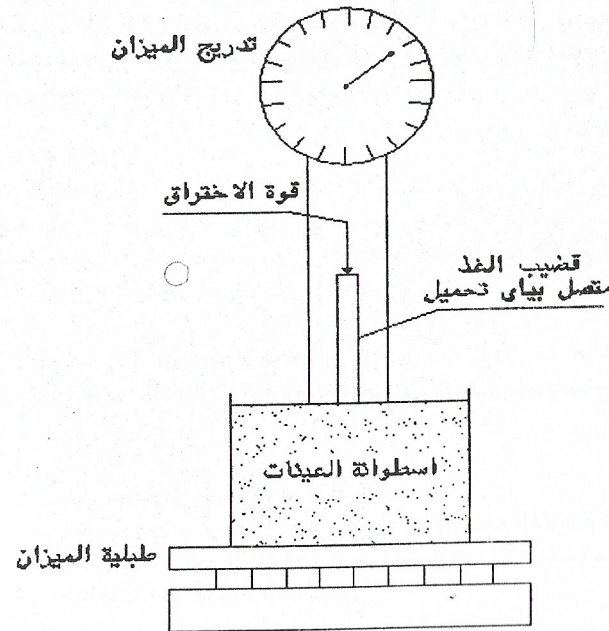
و شكل (13-3) يوضح العلاقة بين اختبار في بي و اختبار معامل الدمك و الذي تم إجراؤهما على نفس الخرسانة.



1-5-3 تعريف زمن التصلب الابتدائي والنهائي .  
 زمن التصلب الابتدائي هو الزمن من لحظة إضافة الماء للخرسانة القياسية وحتى اللحظة التي يكون عندها إجهاد الإختراق لقضيب قياسى = 3.5 ن/مم<sup>2</sup> .  
 زمن التصلب النهائي هو الزمن من لحظة إضافة الماء للخرسانة القياسية وحتى اللحظة التي يكون عندها إجهاد الإختراق لقضيب قياسى = 27.6 ن/مم<sup>2</sup> .

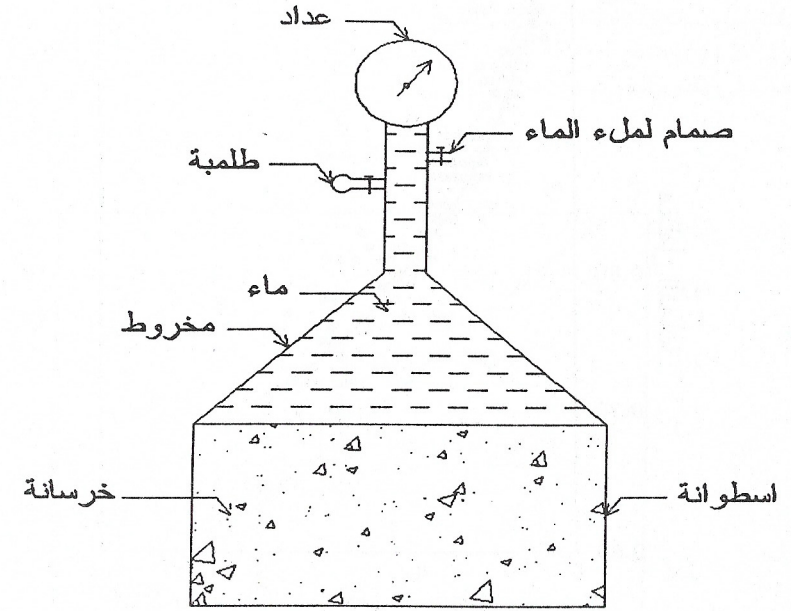
### 2-5-3 اختبار مقاومة الإختراق لتعيين زمن تصلب الخرسانة Test Method for Determination of Concrete Stiffening Time by penetration Resistance

يستخدم تلك الطريقة لتحديد زمن التصلب الابتدائي والنهائي للخرسانة وهو يختلف عن شك الأسمنت ويجب استخدام مونه الخرسانة بعد إستبعاد الركام الأكبر من 16/3".  
 يستخدم جهاز الإختراق والذي يتكون من قضيب إختراق معدنى اسطوانى (قضيب الغز) بساكنة مقطعه يتراوح بين 16 الى 645 مم و يوجد حز دائرى على بعد 25 مم من نهاية قضيب الإختراق وهذا القضيب يتصل بياى ، ويوجد ميزان لقياس القوة التي يقابلها القضيب عند إختراقه للمونه الخرسانية الموضوعه فى وعاء اسطوانى ( قطرهِ وإرتفاعه لا يقل عن 152 مم ) . وشكل (15-3) يوضح رسم تخطيطى لجهاز الإختراق لتحديد زمن التصلب



شكل (15-3) شكل تخطيطى يوضح جهاز الإختراق لتحديد زمن التصلب

يتم خلط الخرسانه وتنخل الخرسانه على منخل 16/3"



شكل (14-3) تحديد نسبة الهواء المحبوس

### 2-4-3 تأثير الهواء المحبوس على خواص الخرسانة الطازجة:

يلاحظ أن قطر حبيبات الهواء المحبوس أصغر من قطر حبيبات الأسمنت؛ مما يجعل حبيبات الهواء تنتشر بين مكونات الخرسانة مقللة قوى الاحتكاك بين مكونات الركام، لذلك فإن وجود الهواء المحبوس يحسن من تشغيلية وزيادة هبوط (Slump) الخرسانة، ويقلل من حدوث النزيف والانفصال ويقلل من كثافة الخرسانة .

### 5-3 زمن التصلب Stiffening time

سبق أن ذكرنا أن الخرسانة تفقد لدونتها مع الزمن ، وعندما تفقد الخرسانة لدونتها تماماً يقال أنها تصلبت ابتدائياً ، وعندما تتصلب الخرسانة وتستطيع تحمل اجهادات ضغط قليلة يقال أنها تصلبت نهائياً ، وفى هذا الكتاب سيتم استخدام لفظ التصلب للفرقه بينه وبين شك الأسمنت ، ويتراوح زمن التصلب الابتدائي بين ساعتين وأربعة ساعات ، ويتراوح زمن التصلب النهائي بين 5 ، 8 ساعات ويتأثر هذا الزمن بحرارة ورطوبة الجو ، ووجود اضافات مؤجله أم معجله ويتأثر كذلك بقيمة هبوط الخرسانه . فكلما زادت درجة الحرارة وقلت الرطوبه النسبيه ، وقل الهبوط ، واستخدمت المواد المعجله يقل زمن التصلب ، وإذا استخدمت المواد المؤجله يزيد زمن الشك ، ويتم تعريف زمن التصلب وتحديده عملياً كما يلى:



- الخرسانه الماره من منخل 16/3" يتم خلطها جيداً وتملأ بها ثلاث أوعيه .  
- تترك الأوعيه لمدته تتراوح بين ساعه أو ساعتين للخلطات سريعة الشك وأربع ساعات للخلطات بطيئة الشك ( الأجواء الباردة) مع تغطيتها .  
- يوضع الوعاء على الميزان ونضغط بواسطة جهاز الإختراق على قضيب الإختراق ليخترق القضيب المونه لمسافة 25 مم ونحدد قوة الإختراق على الميزان .  
- يتم تكرار الخطوه السابقه كل نصف ساعه وترسم العلاقه بين اجهد الإختراق الذى يساوي قوة الإختراق والزمن

مساحة قضيب الإختراق

- حدد زمن التصلب الإبتدائى والنهائى من التعريف التالى .  
- زمن التصلب الإبتدائى هو الزمن من لحظة إضافة الماء وحتى اللحظه التى يكون إجهاد الإختراق 3.5 ن/مم<sup>2</sup> .  
- زمن الشك التصلب هو الزمن من لحظة إضافة الماء وحتى اللحظه التى يكون إجهاد الإختراق 27.6 ن/مم<sup>2</sup> .

### 6-3 التعامل مع الخلطات الخرسانية :

#### 6-3-1 مقدمة :

يحتاج المهندسون معرفة طريقة لحساب الكميات اللازمة من مكونات الخرسانة التى تلائم صب منشأ معين ، ومما هو جدير بالذكر أن هناك خلطات حجميه وأخرى وزنيه ، ويقوم المهندس بحصر حجم المنشأ الذى سيتم صبه بالخرسانه ، وعن طريق تصميم الخلطة يستطيع المهندس حساب كميات الركام والأسمنت والماء والإضافه ، وسنتناول أسس التعامل مع الخلطات الخرسانية والتعرف على بعض التعاريف التى سيتم استخدامها .

#### 6-3-2 الحصيله (ح) Yield

ويقصد بها حجم الخرسانة الناتجه من استخدام شيكارة أسمنت وما يناسبها من المكونات الأخرى ، فعندما نقول أن الحصيله 0.15 م<sup>3</sup> فمعنى هذا أن استخدام شيكارة أسمنت وما يناسبها من الركام والماء ينتج 0.15 م<sup>3</sup> خرسانه طازجه ، ويعنى ذلك أننا عندما نريد انتاج 1م<sup>3</sup> فإننا فى حاجه لإستخدام 0.15/1 = 6.66 شيكارة أسمنت أى (333 كجم أسمنت) .

#### 6-3-3 معامل الأسمنت (م) Cement Factor

ويقصد به عدد الشكاير الأسمنتيه اللازمه ومايناسبها من مكونات لإنتاج 1م<sup>3</sup> من الخرسانه الطازجه وتكون قيمة : م = 1/ح

#### 6-3-4 وحدة وزن الخرسانة γ Unit weight

ويقصد به وزن الأسمنت والرمل والركام الكبير والماء والإضافه اللازمه لإنتاج متر مكعب من الخرسانه الطازجه ، أى أن وحدة الوزن = وزن مكونات الخرسانه مقسوماً على حجم معين من الخرسانه الطازجه بما بداخلها من الهواء المحبوس .

#### 6-3-5 معادلة الحجم المطلق Absolute Volume equation

يلاحظ أن الركام والأسمنت قبل اضافته للخلطة يحتوى بين حبيباته على فراغات ، اذا درس أحد المهندسين حجم معين من الخرسانه الطازجه ، بعد صبها فى أحد الأعمده ، بعد دمجها بالهزازات ، فسنجد أن هذا الحجم يحتوى على حجم معين من الركام الكبير ، وحجم معين من

الرمل والأسمنت والماء والإضافه . ولايمكن أن يقال أن حجم الفراغات تساوى حجم الفراغات بين حبيبات الركام الكبير وبين حبيبات الرمل وبين حبيبات الأسمنت . من الأكيد أن الرمل يقوم بملأ الفراغات بين حبيبات الركام الكبير ويقوم الأسمنت بالتغلغل والإستقرار على حبيبات الركام وفى الفراغات بين حبيبات الرمل ، ويقوم الماء بدور هام فى تحقيق اللدونه الكافيه لدمج مكونات الخرسانه ، لإحداث التداخل ومع وجود الدمك الخارجى تقل نسبة الفراغات ويملأ جزء ضئيل يتراوح بين صفر ، 3% من حجم الخرسانه يملئه الهواء ونطلق عليه الهواء المحبوس ، فإذا كانت التشغيليه عاليه والدمك كامل وتم استخدام مواد بوزولانيه (لملأ الفراغات الصغيره جداً) تقترب نسبة الهواء المحبوس من الصفر .  
والتعامل مع الخلطات الخرسانية نستخدم معادلة الحجم المطلق والتى تحتاج لبعض الفروض هى :

1- حجم الخرسانة = الحجم الصلبه للمكونات (بدون فراغات) مضاف اليه الهواء المحبوس .  
2- الركام غير قابل لإمتصاص الماء ولايستطيع اعطاء ماء الى باقى المكونات لذلك نفرض أن الركام مشبع تماماً من الداخل وسطحه جاف .  
ومعادلة الحجم المطلق كما يلى :

$$\frac{C}{3.15} + \frac{W}{1} + \frac{S}{G_s} + \frac{G}{G_g} + \frac{Ad}{G_d} + A = 1m^3$$

حيث C = محتوى الأسمنت بالطن .

W = محتوى الماء بالطن .

S = محتوى الرمل بالطن .

G = محتوى الركام الكبير بالطن .

Ad = محتوى الإضافه بالطن .

A = الهواء المحبوس .

G<sub>s</sub> = الوزن النوعى للرمل .

G<sub>g</sub> = الوزن النوعى للركام الكبير

G<sub>d</sub> = الوزن النوعى للإضافه .

يلاحظ أن 3.15 هى الوزن النوعى للأسمنت .

ويمكن تمثيل هذه المعادلة بالمخطط التالى :



ومعامل الأسمنت (م) = 1/ح = 6.41 شيكاره (320.5 كجم) .  
 فتكون الكميات اللازمة للأسمنت = 0.3205 طن ، الماء  $6.41 \times 0.025$  لإنتاج  $1 \text{ م}^3$  = 0.160 (طن) ، الرمل (0.641 طن) ، الزلط =  $6.41 \times 0.20$  = 1.282 (طن) .  
 وحدة وزن الخرسانة =  $(1.282 + 0.641 + 0.16 + 0.32)$  = 2.403 طن/  $\text{م}^3$   
 ومما هو جدير بالذكر أن وحدة وزن خرسانة الحجر الجيري تتراوح بين (2.33 ، 2.39 طن/  $\text{م}^3$ ) ولخرسانة الزلط بين (2.39 ، 2.43 طن/  $\text{م}^3$ ) وللدلويميت بين (2.41 ، 2.45 طن/  $\text{م}^3$ )  
 وبإلا ذلك على نوع الركام ومحتوى الأسمنت وهبوط الخرسانه والدمك .  
 مواد السقف لإنتاج  $100 \text{ م}^3$  خرسانه كما يلي .  
 وزن الأسمنت = 32 طن .  
 حجم الرمل =  $0.641 \times 100 / \text{وحدة الوزن}$  (1.75) = 37  $\text{م}^3$  .  
 حجم الرمل =  $1.60 / 1.282 \times 100$  = 80  $\text{م}^3$  .  
 حجم الماء = 16  $\text{م}^3$  .

الكميات اللازمة لتشغيل المحطة المركزيه :  
 وزن الأسمنت 0.48 طن ، وزن الماء = 0.24 طن ، وزن الرمل 0.962 طن ، وزن الزلط = 1.923 طن

### 3 - 6 - 7 التعامل مع الخلطات الحجميه .

خلطة تتكون من النسب الحجمية التاليه :  
 0.8 م<sup>3</sup> للزلط ، 0.36 م<sup>3</sup> رمل ، 0.340 طن أسمنت ، 190 لتر ماء ونسبة الهواء 1.5 %  
 احسب حصيلة الخلطة السابقة باستخدام خواص الركام السابق ، واحسب الكيات اللازمة لتشغيل خلطة حجمية 0.40 م<sup>3</sup> .

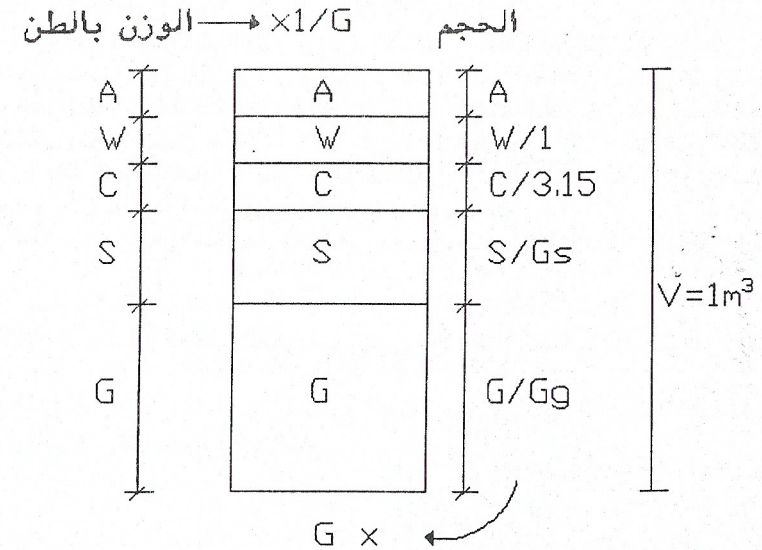
الحول الحجوم الى أوزان باستخدام وحدات الوزن وبالتطبيق في معادلة الحجم المطلق .  

$$\frac{0.34}{3.15} + \frac{0.19}{1} + \frac{1.75 \times 0.36}{2.65} + \frac{1.6 \times 0.8}{2.68} + 0.015V = V$$
  
 $1.013 = 0.985V$   
 $\therefore V = 1.03 \text{ م}^3$

وهذا يعنى أن استخدام 0.05/0.34 (6.8 شيكاره أسمنت) تنتج  $1.03 \text{ م}^3$  خرسانه .  
 $0.151 = 6.8 / 1.03$   
 $0.151 / 1 = 0.62$

حجوم المواد التى تنتج متر مكعب خرسانة =  $1.03 / V$   
 حجم الزلط =  $1.03 / 0.8 = 0.777$  متر مكعب .  
 حجم الرمل =  $1.03 / 0.36 = 0.35$  متر مكعب .  
 وزن الأسمنت =  $1.03 / 0.34 = 0.33$  طن .  
 وزن الماء = 185 لتر .

بم حساب الكميات اللازمة لتشغيل الخلطة بضرب حجوم المواد لإنتاج متر مكعب  $0.40 \times$  (نسبة الخلطة)



ومما هو جدير بالذكر أن بعض دول العالم تستخدم الياردة المكعبه (0.76 م<sup>3</sup>) .  
 وبعض المراجع تهمل حجم الإضافات وهذا الفرض يمكن استخدامه في الإضافات الكيميائية ذات المحتوى الصغير فقط حيث يتم حالياً استخدام غبار السليكا بمحتويات عالية لا يمكن اهمالها . ومعادلة الحجم المطلق لا يمكن استخدامها في خرسانة الركام الخفيف .

### 3 - 6 - 6 التعامل مع الخلطات الخرسانيه ذات النسب الوزنيه :

خلطة خرسانيه تتكون من النسب الوزنيه التاليه .

أسمنت : رمل : زلط : ماء  
 1 : 2 : 4 : 0.5

- احسب الحصيله ومعامل الأسمنت ووحدة الوزن واحسب الكميات اللازمه لصب سقف حجمه  $100 \text{ م}^3$  إذا علم أن الوزن النوعى للزلط والرمل 2.65 و 2.68 على الترتيب ووحدة الوزن لهما 1.6 ، 1.75 طن/  $\text{م}^3$  ونفرض أن الهواء المحبوس 2% . احسب الكميات اللازمة لتشغيل خلطة وزنيه سعتها 1.5 م<sup>3</sup> للنسب الوزنيه السابقه لا يستطيع أحد أن يحدد حجم الخرسانه الناتجه .

الحل : حيث أن الحصيله (ح) تحسب للشيكاره الواحده فسوف نحل المسأله على شيكاره من الأسمنت واحده فتكون الأوزان بالطن كمايلى :

أسمنت : رمل : زلط : ماء  
 0.05 : 0.10 : 0.20 : 0.025

- وهذه الكميات سوف تنتج حجم خرسانة طازجه (V) 3 م

$$\frac{0.05}{3.15} + \frac{0.025}{1} + \frac{0.10}{2.65} + \frac{0.20}{2.68} + 0.02V$$
  
 $0.153 = 0.98V$

$\therefore V = 156 \text{ م}^3$   
 وبهذا تكون الحصيله (ح) = 0.156 م<sup>3</sup>



### 3-7 قياس وحدة وزن الخرسانة عملياً وأخذ عينات الخرسانة الطازجة :

#### 3-7-1 عام

يجب بعد تصميم الخلطة تنفيذ خلطة خرسانة وقياس وحدة وزن الخرسانة للتحقق من وحدة وزن الخرسانة الناتجة من التصميم وقد يحدث فرق ينتج عن اختلاف الأوزان النوعية في التجربة عن القيم الحقيقية وقد يحدث نتيجة الدمك وغيرها . ويتم تحديد وحدة وزن الخرسانة لتصميم الشدات للخرسانة وستناول في مايلي كيفية أخذ عينات الخرسانة الطازجة وكيفية تحديد وحدة وزن الخرسانة .

#### 3-7-2 طريقة أخذ عينات الخرسانة الطازجة بالموقع

##### Method of sampling of fresh concrete on site

مواصفة قياسية مصرية 1988 / 1658

يتم أخذ عينة الخرسانة من الجزء الأوسط من الخلطة الحجمية أو من العربة الناقلة للخرسانة بحيث يستبعد الجزء الأول والأخير وتؤخذ العينة بجاروف الغرفة الواحد منه حوالى 5 كجم وتوضع العينة فى وعاء قياسي من مادة لاتصدأ لا يقل سعته عن 9 لتر والعينة تكون بحجم يكفى صب العينات المطلوبه ويجب تقليب الخرسانة ثلاث مرات وفى كل مره يتم تجميع الخرسانة على هيئة مخروط ويتم عمل تقرير أخذ العينة به جميع بيانات الخرسانة

#### 3-7-3 إختبار تعيين كثافة ( وحدة الوزن ) الخرسانة الطازجه

##### Test Method to Determine the Unit weight of Fresh Concrete

- يستخدم هذا الإختبار لتحديد وحدة الوزن الطازجه المدموكه لخرسانة المقاس الأكبر للركام لايزيد عن 40 مم وتحدد تلك الكثافه لمقارنتها بكثافة الخرسانة التصميميه للخلطة للتحقق من تطابقهما أو يتم تعديل المكونات .

- يتم أخذ عينة من الخرسانة الطازجه بالطريقه القياسيه المذكوره سابقاً .

- يتم ملأ إناء معدنى قياسي يفضل أن يكون حجمة 0.01 م<sup>3</sup> .

- يتم تحديد حجم الإناء بملأه بالماء فيكون الحجم = وزن الماء المضاف .

- يملأ الإناء على 6 طبقات وتدمك كل طبقه دمك قياسي 60 دمكه أو يستخدم منضده هر لدمك الخرسانة .

- وحدة وزن الخرسانة =  $\frac{\text{وزن الإناء وبه الخرسانة مدموكه} - \text{وزن الإناء فارغ}}{\text{حجم الإناء}}$